УДК 656.7.658

Шварц Л.С.

УПРАВЛЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКИХ ЦЕЛЕЙ И ОГРАНИЧЕНИЙ

Совершенствование системы управления авиакомпанией предполагает развитие как каждого элемента этой системы, так и взаимосвязей между ними. Для анализа долгосрочного аспекта экономического развития особое значение имеют взаимосвязи планирования и прогнозирования.

Прогнозирование и планирование считают обычно двумя начальными последовательными фазами общего процесса управления, за которыми следуют еще две фазы – контроль реализации плана и его оперативная корректировка и детализация. Развитие будем отождествлять с динамикой системы, планирование – с оцениванием траектории, а управление – с обеспечением соответствующей траектории.

Рассматривается сфера перспективного планирования, основная задача которого – развитие и реконструкция действующей авиакомпании.

В современных условиях планирование авиаперевозок грузов и пассажиров относится к задачам с нечеткой исходной информацией, которые требуют принципиально нового подхода к их постановке и решению [1,2].

Рассмотрим транспортную систему, обслуживающую n авиакомпаний, которые осуществляют перевозки m видов грузов. Плановый горизонт - конечный и разделен на T периодов. Для описания системы требуются следующие переменные и параметры:

$x_1^i(k)$ - количество имеющихся заявок на перевозку i-го груза в k-м году;

$x_2^j(k)$ - транспортная мощность j-ой авиакомпании в k-м году;

$u_1^i(k)$ - заказ на перевозку грузов i-ой авиакомпанией в k-м году;

$u_2^i(k)$ - транспортная мощность, размещенная в j-ой авиакомпании в k-м году;

$u_3^i(k)$ - количество реализованных заявок на перевозку i-го груза в k-м году;

$a_j^i(k)$ - число единиц i-го груза на j-ю авиакомпанию в k-м году;

$b^i_j(k)$ - количество перевозок i-го груза на единицу мощности j-ой авиакомпании в k-м году;

$b^i_{js}(k)$ - количество перевозок i-го груза с целью передачи мощности от j-ой к s-ой авиакомпании из j-й авиакомпании в k-м году;

$u^j_s(k)$ - транспортная мощность, переданная в s-ю авиакомпанию из j-ой авиакомпании в k-м году;

$c^j_s(k)$ - коэффициент преобразования, который показывает, сколько единиц транспортной мощности j-ой авиакомпании получено за счет перераспределения мощности s-ой авиакомпании в k-м году;

$d^j(k)$ - процент новой мощности, фактически используемый в k-м году;

$d^j_s(k)$ - процент переданной мощности, фактически используемый в k-м году;

e_r - предполагаемый коэффициент r-го ресурса;

$f^j_r(k)$ - удельный расход r-го ресурса в j-ой авиакомпании в k-м году;

$R_r(k)$ – ресурс (труд) r-го типа в k-м году;

$g^i(k)$ – минимальный объем перевозок i-го груза в k-м году;

$z_j(k)$ – обесценивание (износ) транспортной мощности j-й авиакомпании.

Динамика транспортной системы задается уравнениями

$$x^i_1(k+1) = x^i_1(k) + \sum_{j=1}^{n} a^i_j(k)u^i_1(k) - \sum_{j=1}^{n} b^i_j(k)u^j_2(k) - \sum_{j,s=1}^{n} b^i_{js}(k)u^j_s(k) - u^i_3(k),$$

$$x^j_2(k+1) = x^j_2(k) + u^j_2(k) - \sum_{s=1}^{n} u^j_s(k) + \sum_{s=1}^{n} c^j_s(k)u^j_s(k) - z_j(k).$$

Поскольку управления ограничены, то должны быть включены ограничения вида

$$u^j_1(k) \le x^j_2(k) - \sum_{s=1}^{n} d^j_s(k)u^j_s(k) + d^j(k)u^j_2(k) + \sum_{s=1}^{n} c^j_s(k)u^j_s(k).$$

Таким образом можно решить, сколько грузов перевозить, но не больше, чем максимальная транспортная мощность минус переданная мощность плюс новые пополнения и мощность, полученная от других авиакомпаний.

Передача мощности ограничена максимальной мощностью, и поэтому

$$x_2^j(k) - \sum_{s=1}^{n} u_s^j(k) \geq 0.$$

Так как учитываются ресурсы, то

$$\sum f_r^j(k) u_1^j(k) \leq R_r(k),$$

$$e_r R_r(k) \leq \sum f_r^j(k) u_1^j(k).$$

Кроме того,

$$u_3^i(k) \geq g^i(k),$$

что означает «реальность», т.е. обеспечение некоторого минимума для выживания авиакомпании.

Существуют различные пути ранжирования результатов по предпочтительности с использованием целевой функции, связанные с различными решениями для переменных управления. Например, есть желание удовлетворить всем ограничениям и иметь максимальное потребление в заключительный период.

Тогда

$$J_1 = \sum_{i=1}^{m} h_i u_3^i(T)$$

на всем плановом горизонте и

$$J_2 = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{i=1}^{m} h_i u_3^i(k).$$

Если максимизируются запасы в заключительном периоде, то

$$J_3 = \sum_{i=1}^{m} h_i x_1^j(T),$$

где h_i – относительная значимость каждой переменной управления или состояния.

Подобные задачи обычно решаются с использованием методов многошагового линейного программирования.

Отметим, что задача отслеживания, представленная в скалярном варианте, может быть сформулирована и для общего случая. Рассмотрим уравнение состояния

$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k)$, $x(0)$ задано, $e(k) = x(k) - x_n(k)$,

где $x_n(k)$ – номинальная траектория.

Тогда отследить номинальную траекторию означает минимизировать критерий качества

$$J_4(k) = \sum (e^T(k)Q\,e(k) + u^T(k)R\,u(k)) + e^T(N)Q\,e(N),$$

где $e(k) \in R^n$, $u(k) \in R^m$, матрицы имеют соответствующие размеры. Относительно критерия J потребуем, чтобы R была симметричной положительно определенной матрицей, т.е. чтобы $u^T(k)Ru(k) = 0$, только тогда, когда u(k) = 0. Это условие вместе с предложением об управляемости системы необходимо для того, чтобы обеспечить как существование, так и единственность оптимального управления $u^*(k)$:

$$u^*(k) = -R^{-1}B^T M\,e(k),$$

где M – единственное положительное решение матричного уравнения Рикатти :

$$MA + A^T M - MBR^{-1}B^T M = I.$$

Поскольку решение обратной задачи оказывается не единственным, то оптимальные решения достаточно устойчивы относительно различных критериев качества.

Отметим, что под минимизацией критерия качества J понимается поддержание величины {e (k)} достаточно малой при условии, чтобы {u (k)} была не слишком большой. Очевидно, что эти цели являются нечеткими и могут быть представлены с помощью нечетких множеств в пространстве альтернатив, как и в представленной ниже обстановке. Если определить нечеткие цели G и ограничения C так, чтобы

$$\mu_G(x(k), k) = \exp(-x^T(k)Qx(k)),$$
$$\mu_C(u(k), k) = \exp(-u^T(k)Ru(k)),$$
$$\mu_G(x(N), N) = \exp(-x^T(N)Qx(N)),$$

то нечеткое решение D есть нечеткое множество, получающееся в результате слияния нечетких множеств G и C

$$D = G \cdot B,$$

где «·» означает «слияние» и интерпретируется как алгебраическое произведение нечетких множеств G и C в пространстве R, $\mu_{GC} = \mu_G \mu_C$. Ввиду монотонности экспоненты, максимизирующее решение получается посредством максимизации функции принадлежности

$$\mu_D\{u(k)\}=\prod_{k=o}^{N-1}\mu_G(x(k),k)\mu_C(u(k),k)\mu_G(x(N),N),$$

которая характеризует нечеткое решение в пространстве альтернатив. Максимизирующее решение, получаемое путем максимизации μ_D на всех последовательностях $\{u(k)\}$ при ограничении в форме уравнения состояния, то же самое, что и решение, получаемое при минимизации критерия качества J_4.

Таким образом, отправной точкой как в теории, так и в практике управления, служат определенные заранее цели. Планирование системы включает в себя определение целей, а также динамики системы. Управление системой включает в себя как контроль выполнения плана, так и планирование изменений. Управление осуществляется постфактум, тогда как планирование всегда происходит заранее и, как правило, с нечеткими целями, представляемыми с помощью нечетких множеств в пространстве альтернатив.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орловский С А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации.- М.: Наука, 1981.
2. Негойцэ К. Применение теории систем к проблемам управления. – М.:Мир, 1981.